

KÜTAHYA'DA HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİ EDEN TOPOGRAFIK VE KLİMATİK FAKTÖRLER (Topographical And Climatic Factors Affecting Air Pollution In Kütahya)

Yrd. Doç. Dr. Nurdan KESER*

ÖZET

Hava kirliliğinin önlenmesi için alınacak tedbirlerin yeterliliği, meteorolojik parametrelerin yıl içindeki salınımının tam olarak saptanması ve yörenin topografik koşullarının iyi bilinmesiyle mümkün olabilir. Böylece hangi hava koşullarının, hava kirliliğini ne kadar etkileyebileceği önceden bilineceğinden, kirlenmeye neden olan emisyon kaynaklarının programlanmış kontrolleri de sağlanabilecektir.

Kütahya, kentte hava kalitesi ölçümlerinin başladığı 1989 yılından itibaren Türkiye'nin havası en kirli illeri arasında, ilk sıralarda yer almaktadır. Bu çalışmada Kütahya'nın topografik ve iklimik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ölçüm yapılan tüm yıllara ait istatistiklerin değerlendirilmesi ve bunların topografik ve iklimik parametrelerle ilişkilendirilmesi sonucunda bazı önemli bulgular elde edilmiştir. Kentteki hava kirliliğinin önlenmesi için alınacak tedbirlere temel oluşturacağını düşündüğümüz bu bulgulara göre, kentin içerisinde yer aldığı Kütahya Ovası'nın hava sirkülasyonunun güç olduğu, çevresi dağlarla kuşatılmış havza jeomorfolojisine sahip olması ve orografik hatların hakim rüzgar yönüne dik uzanması başlıca topografik olumsuzlukları oluştururken; yine jeomorfolojik yapının denetlediği dinamik kökenli inversiyon oluşumları, emisyon miktarının artış gösterdiği kış aylarında yerel basınç değerlerinin ve nem oranının yüksek, sisli ve kapalı günler sayısının fazla olması, hakim yön olan WNW rüzgarının endüstriyel ve ısınma kaynaklı emisyonları şehir üzerinde biriktirmesi ve kuvvetli rüzgarlı gün sayısının az olması ise kentte hava kirliliğinin etkilerini artıran başlıca iklimik olumsuzluklar olarak tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra en fazla yağışın, emisyon miktarının da yüksek olduğu kış aylarında gerçekleşmesi ve kentteki hava kirliliğinin dağıtılmasında etkili yön olan güney sektör rüzgarlarının, aynı zamanda yıl içinde en hızlı esen rüzgar olmaları hava kirliliğini olumlu etkileyen iklimik özellikler olarak belirlenmiştir.

ABSTRACT

The adequacy of the precautions against air pollution can be possible by determining exactly the changes of meteorological parameters throughout the year and the topographical conditions of the region. Thus, estimating the

* Dumlupınar Üniversitesi, Eğitim Fakültesinde öğretim üyesidir.

effects of climatic conditions on air pollution will attribute to the provision of programmed controls over emission sources.

Since air quality measurements of the city started in 1989, it has been observed that Kütahya is one of the most polluted cities in Turkey. Detailed studies have been done on the Topographic and climatic features of Kütahya. Some essential data were obtained as a result of the evaluation of statistics belonging to measurements of whole years and relating these result to topographical and climatic parametres. According to these data which are supposed to be the base of future precautions against air pollution in the city, the difficulty of air circulation on Kütahya Plain where the city is located, basin geomorphology of city surrounded by mountains and orographical lines which lie upright to the dominant wind directions are the main topographical disadvantages. Furthermore; dinamic based inversion formations controlled by geomorphological structure, highness of local pressure values and moisture rate in winter when the emission amount increases, majority of foggy days, accumulation of industrial and heating emissions over the city by dominant WNW wind and the minority of days with strong winds are the main climatic disadvantages increasing the effects of air pollution in the city. Besides; the facts that it most rains in winter when the emission amount is high and south sector winds, the effective direction to disperse air pollution are the strongest winds throughout the year, are the climatic factors that have positive effect on air pollution.

GİRİŞ

19.Yüzyıl'da modern sanayinin kuruluş ve gelişmesiyle insanlığın gündemine giren hava kirliliği kavramı, başlangıçta Amerika ve Avrupa ülkelerinin bazı sanayi bölgelerini ilgilendiren, lokal bir sorun olarak dikkatleri çekti. 1940'lı yıllardan itibaren etkileri belirgin olarak hissedilmeye başlayan hava kirliliğinin çevresel etkileri yanında insan sağlığını ne boyutta etkileyebileceği, Aralık 1952'de 4 gün içinde binlerce kişinin ölümüyle sonuçlanan ve Londra Episodu olarak tarihlenen faciayla görülmüştür.

Ülkemizde, ilk ciddi boyutlara ulaşan hava kirliliği sorunu 1970'li yıllarda Başkent Ankara'da yaşanmıştır. Günümüzde ise nüfus artışına bağlı, hızlı ve çarpık kentleşmenin beraberinde ortaya çıkan pek çok etkene bağlı olarak, büyük kentlerimizin yanısıra tüm şehirlerimizi etkileyen ve özellikle kış aylarında önemli ölçülere ulaşan, yaygın bir sorun halini almıştır.

Bugüne kadar yapılmış çok sayıdaki araştırmayla da ortaya konduğu gibi, hava kirleticilerin asıl kaynağını kömür, linyit ve petrol gibi fosil yakıtlar ve bunların yan ürünlerinin çeşitli amaçlarla kullanımı oluşturmaktadır. Bu fosil yakıtların yanmasıyla havaya karışan pollütanların havada kalma süresi ise hava kirliliği sürecinin, insan sağlığı ve canlı hayatı açısından olumsuz etkilerini artıran başlıca faktör olmaktadır. Bir yerde hava kirliliğine neden olan maddelerin havadaki miktar ve durumlarını uzun süre muhafaza etmeleri de o yerin topografik ve iklimik özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle hava kirliliği sorununun çözümlenebilmesi için, öncelikle kirliliğin kalıcılığını denetleyen topografik ve meteorolojik parametrelerin ortaya konması gerekmektedir. Kütahya şehir merkezi son yıllarda Türkiye'de kentlerin hava kirliliği sıralamasında, kriter alınan kirleticilerin (kükürt dioksit ve partiküler madde) her ikisi bakımından da birinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmada, Kütahya'da hava kirliliğine etki eden topografik ve iklimik faktörler ayrıntılı olarak irdelenecektir.

A – Hava Kirliliği ile İlgili Genel Kavramlar ve Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği (HKKY)

Hava kirliliği ; atmosferde bulunan ve hava kirleticileri olarak tanımlanan katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığı, canlı hayatı, çeşitli eşya ve yapılarla ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. Yaşadığımız çevredeki havada, hava kirleticileri miktarının artması ise hava kalitesini azaltmaktadır.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) ; bu yönetmelik 2872 sayılı Çevre Kanunu'nu uyarınca 2 Kasım 1986 tarih, 19269 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Hava kirliliği ölçüm çalışmaları da bu yönetmelikte belirtilen standartlar doğrultusunda yapılmaktadır. Yönetmeliğin amacı, her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol şeklindeki emisyonları kontrol altına almak, insan ve çevresini havadaki kirlenmeden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirliliği sebebiyle ortaya çıkan olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır...şeklinde açıklanmaktadır.

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) ; yaşadığımız çevredeki hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için geliştirilmiş bir indeks olup,

yaşanılan çevre havasının ne kadar temiz veya kirli olduğu ve ne tür sağlık etkilerinin oluşabileceği konusunda bilgi vermektedir (Çevre Sağlığı Arş. Müd., 2002). 0-500 aralığında düzenlenmiş bir skala olan HKİ, kirli havanın solunmasından birkaç saat sonra veya birkaç gün içinde oluşabilecek sağlık etkilerini belirtmektedir. HKİ'nin 100 olması, ulusal hava kalitesi standardına karşılık gelir. 100'ün altındaki indeks değeri iyi bir durum göstergesi kabul edilirken, değer 100'ü aştığında hava kalitesinin sağlıksız olduğu düşünülür. HKİ indeksine göre başlıca kirletici parametreler, kükürt dioksit (SO_2), partiküler madde (PM_{10}), azot dioksit (NO_2), karbon monoksit (CO) ve ozon (O_3) olarak sıralanmaktadır. Hava kalitesi sınır değerlerinde de, bu kirleticilerden kükürt dioksit ve partiküler madde kriter alınmaktadır.

Kükürt dioksit (SO_2) ; renksiz, keskin kokulu reaktif bir gaz olup, kömür, fuel-oil gibi kükürt içeren yakıtların yanması sırasında, metal ergitme işlemleri ve diğer endüstriyel prosesler sonucu oluşur. Ana kaynakları termik santraller ve endüstriyel kazanlardır. Genel olarak en yüksek SO_2 konsantrasyonları büyük endüstriyel kaynakların yakınında bulunur. SO_2 için HKİ'nin 100 olması, $383 \mu g/m^3$ (0.14 ppm) SO_2 seviyesine karşılık gelmektedir (24 saat). Hava kirlenmesine neden olan kükürt bileşiklerinin en önemlisi olan SO_2 , genel olarak hava kirleticilerinin %18'ini oluşturur. Suda, dolayısıyla kanda çözünebilen SO_2 ' in insan sağlığı açısından en önemli etkisi, solunum yollarına verdiği zarardır (KARPUZCU, 1996). SO_2 'in solunmasıyla ortaya çıkan ilk etki solunum daralması şeklinde olurken, uzun süreli maruziyette solunum hastalıkları, akciğerlerin savunma mekanizmasında zayıflama ve mevcut kalp rahatsızlıklarının kötüleşmesine neden olabilmektedir.

Partiküler madde (PM) ; havada bulunan katı partiküller ve sıvı damlacıklarını ifade eder. İnsan faaliyetleri sonucu ve doğal kaynaklardan doğrudan atmosfere karışır. Atmosferde diğer kirleticilerle reaksiyona girerek PM'i oluşturur. Katı ve sıvı partiküllerin boyutları çok farklı olup, sağlık açısından önem taşıyan partiküller, solunum sistemi içine girip birikim yapan aerodinamik çapı $10 \mu m$ 'nin altındaki partiküllerdir. $2,5 \mu m$ 'dan daha küçük partiküller ince partiküller olarak adlandırılmakta olup, kaynakları tüm yanma prosesleri ile bazı endüstriyel proseslerdir. $2,5-10 \mu m$ aralığındaki partiküller ise kaba partiküller olarak adlandırılırlar. Bunların kaynağı ise, kırma ve öğütme işlemleri sonucu kalkan tozlardır. PM_{10} için HKİ'nin 100 olması, 150

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} 'a karşılık gelir (24 saat). Partiküler maddelerin sağlık açısından ilk etkisi solunum sisteminde birikmeleri nedeniyle astım gibi solunum rahatsızlığı olan kişilerde kötüleşme ve erken ölüm riski şeklinde olmaktadır.

Hava Kalitesi Sınır Değerleri ; insan sağlığının korunması amacıyla, çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin birarada bulduklarında değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleri ile ifade edilen seviyelerdir (Tablo 1).

Uzun Vadeli Sınır Değerler (UVS) ; hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri ifade eder. Bir yıl içinde aşılmaması gereken, tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır.

Kısa Vadeli Sınır Değerler (KVS) ; kısa sürede hava kirleticilerin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için verilen sınır değerleri ifade eder. 24 saatlik ortalamalar veya bir yıl içinde bütün ölçüm sonuçlarının sayısal değerlerinin büyüklüklerine göre sıralandığında ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerdir.

Kış Sezonu Ortalaması Sınır Değerleri ; ekim-martı kapsayan kış döneminde ısınmadan kaynaklanan hava kirleticilerinin yerleşim bölgelerinde yapılan ölçümlerinin ortalama değeridir.

Hedef Sınır Değerler ; hava kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla, hava kirletici konsantrasyonlarının zaman içinde ulaşması gereken değerlerdir.

	SO_2		PM	
	KVS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	UVS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	KVS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	UVS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
a)- Genel	400	150	300	150
b)- Endüstri Bölgeleri	400	250	400	200
Kış Sezonu Ort. Sınır Değerleri		250		200
Hedef Sınır Değerler				
Yıllık Aritmetik Ort.		60		60
Kış Sezonu Ort.		120		120
24 Saatlik Max. Değer		150		150

Tablo 1. Uzun ve kısa vadeli hava kalitesi sınır değerleri (Çevre Sağlığı Arş.Müd.,2002).

Table 1. Long and short term air quality limit values (Çevre Sağlığı Arş. Müd.,2002).

B - Kütahya'da Hava Kirliliğine Neden Olan Emisyonların Kaynakları

Kütahya'da hava kirliliğine neden olan emisyonların kaynakları genel olarak 3 başlık altında toplanabilir. Bunlar, ısınma, endüstri ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlardır ;

-Isınmadan Kaynaklanan Emisyonlar ; kış aylarında ısınma ihtiyacının artışıyla etkili hale gelen bu emisyon kaynağı, Kütahya'da ortalama sıcaklıkların en düşük olduğu dolayısıyla ısınma ihtiyacının maksimum düzeyde olduğu Ocak ayında, hava kirliliğinin başlıca nedenidir (Tablo 2., Şekil 5). Kent havasına önemli miktarda kirleticinin karışmasına neden olan bu kaynak, konut ve iş yerlerinde düşük kaliteli yakıtların iyileştirme işlemi yapılmadan kullanılması, bunlara uygun yakma tekniklerinin uygulanmaması ve kullanılan kazanların düzenli bakımlarının yapılmaması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu emisyon kaynağının etkinliğini artıran genel faktör ise ülke genelinde olduğu gibi nüfus artışı ve buna bağlı olarak kent merkezlerinde meydana gelen nüfus yığılmalarıdır. Kütahya şehir merkezinde 1990 yılında 130.944 olan nüfus sayısı 2000 yılında, % 24.94 oranındaki artışla 168.045 olmuştur (DİE, 2002). Kentteki bu nüfus artışına paralel olarak artan bina sayısı da kuşkusuz, kirletici kaynakların da artışı anlamına gelmektedir.

-Endüstriden Kaynaklanan Emisyonlar ; endüstri kuruluşlarının enerji kaynağını oluşturan kömürün yanması veya üretim süreçleri sonucu ortaya çıkan çeşitli gaz ve partiküler madde şeklindeki atıklar, bunlarda kullanılan kazanların ve bacaların standartları ile işletme ve bakımlarının düzenli olarak yapılmaması gibi nedenlerle çevre havasının kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır. Endüstri kuruluşlarından kaynaklanan hava kirlenmesi, atmosferik parametrelerin olumsuz koşulları sonucu kirleticilerin kaynağından farklı bölgelere taşınmasıyla oluşan, uzun menzilli hava kirlenmesinin yanısıra, sanayi tesislerinin yerinin yanlış seçilmesi sonucu kentin kirletici kaynağın yanbaşıında kalmasından oluşan, lokal ancak yüksek derişimlerde kirlenme şeklinde olmaktadır. Bu bakımdan Kütahya'daki hava kirletici emisyonların önemli kaynaklarından ikincisini de Şehir merkezi ve çevresinde bulunan endüstri kuruluşları oluşturmaktadır. Kütahya şehir merkezi ile yakınında yer alan ve HKKY uyarınca 1 ve 2.sınıf Gayri Sıhhi Müesseseler

kapsamında bulunan endüstriyel kuruluşlar (bunlardan konum olarak kent merkezi yakınında bulunan bazılarının yerleri topografya haritasında gösterilmiştir).

- | | |
|---|-------------------------|
| 1- TEAŞ-Tunçbilek Termik Santrali | 6- Kütahya Porselen |
| 2- TEAŞ-Seyitömer Termik Santrali | 7- Güral Porselen |
| 3- TÜGSAŞ (Türkiye Gübre San. AŞ.) | 8- Güral Cam |
| 4- Kütahya Şeker Fabrikası
Fabrikaları | 9-Çini ve Seramik |
| 5- KÜMAŞ (Kütahya Manyezit AŞ.) | 10- Kiremit Fabrikaları |

Bu kuruluşlardan Tunçbilek Termik Santrali, İl merkezinin 108 km NW'sında bulunan Tavşanlı İlçesinin Tunçbilek Kasabasında, Seyitömer Termik Santrali İl merkezinin 28 km NW'sında, diğerleri ise İl merkezi ve Merkeze 5-7 km mesafelerde yer almaktadır (KÜTAHYA VALİLİĞİ, 2002). En eskileri 1954 yılında (Tunçbilek Termik Santrali ve TÜGSAŞ), en yenileri 1996 yılında (Kütahya Porselen bünyesinde yer alan Kütahya Ambalaj ile Güral Cam) kurulmuş olan bu tesisler Ova içerisinde yer almakta olup, buldukları yükselti de yaklaşık Şehirle aynıdır (Şekil 4). Bunların kuruluş aşamasında yerlerinin yanlış seçilmiş olması, günümüzde giderek Ova kenarından iç kesimlere doğru büyüyen ve yoğun nüfus barındıran kent merkeziyle içiçe kalmalarına neden olmuştur. Topografik etkenler bölümünde de açıklanacağı gibi Kütahya şehir merkezinin NW-SE uzanımlı bir havzada yer alması, bölgede yıl içinde etkili olan aksiyon merkezlerinin durumları ile diğer iklimik etkenler, kirletici emisyonların taşınması, miktarları ve özellikle kent havasında kalma süreleri bakımından olumsuz koşullar oluşturmaktadır. Bu nedenlerle, yıl boyunca faaliyetlerini sürdüren bu kuruluşlardan kaynaklanan emisyonlara kış sezonunda ısınma kaynaklı emisyonların eklenmesi, Kentteki hava kirliliğini kritik boyutlara getirmektedir.

-Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar ; Kent trafiğine çıkan araçların yaşı, sayısı ve bunlarda kullanılan yakıtın niteliği, tam yanma olayının gerçekleşmemesi ve Ülkemizde hala kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaşmaması gibi nedenler çevre havasına özellikle metropollerde fazla olmak üzere, önemli oranda kirletici karıştırılmaktadır. Bu kirleticilerden başlıcaları karbon monoksit

(CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksitleri (NO_x), partiküler madde (PM) ve uçucu organik bileşiklerdir (hidrokarbonlar). Bunlardan trafik kaynaklı kirlenmeye kriter alınımı NO_x'tir. DİE Hava Kalitesi İstatistiklerinde kentlere ait NO_x kirletici yoğunlukları belirtilmediği için bu araştırmada Kütahya'daki hava kirliliğinde trafik kaynaklı emisyonların etkisi değerlendirilmemiştir. Bununla birlikte, motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan emisyonların Kentteki hava kirliliğini artıran bir etken olduğu düşünülmektedir. Nitekim Kütahya'da, son yıllarda Ülke genelinde olduğu gibi gelir düzeyinin yükselmesi ve nüfus artışına bağlı olarak, trafiğe çıkan taşıt sayısında artışlar meydana gelmiştir. İl'de 1993 yılında 63.561 olan motorlu kara taşıtları sayısı, 2003 yılında 98.655'e ulaşmıştır (DİE, 2002). 28 şubat 2003 tarihli kayıtlara göre de il genelindeki taşıtların 47.340'ı Kütahya il merkezinde bulunmaktadır (Kütahya Emniyet Müd., 2003). Bunun yanı sıra işlek bir yol olan İstanbul-Antalya şehirlerarası karayolunun Kütahya'yı katetmesi kent havasının kirlenmesinde azımsanmayacak bir paya sahip olmalıdır. Böylece kış aylarında diğer emisyon kaynaklarına ek olarak motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerinde eklenmesi, kentte son yıllarda artan hava kirliliğinin nedenlerinden birini oluşturmaktadır

C - Kütahya'da Hava Kirliliği

Kütahya'da ilk hava kalitesi ölçüm istasyonu 1986 yılında İl merkezinde, İl Sağlık Müdürlüğü bünyesinde kurulmuştur. 1989'dan itibaren düzenli ölçümlere başlanan ilde 1992 yılında bugün mevcut olan 6 ölçüm istasyonu sayısına ulaşılmıştır. Şehir merkezinin çeşitli semtlerinde yeralan bu 6 istasyondan elde edilen ölçümler Kütahya Bölge Hıfzıssıhha Enstitüsü'nde değerlendirilmektedir. Halkı bilgilendirmek amacıyla, Vilayet Binası'nın bulunduğu meydana yeralan panoya günlük olarak girilen bilgiler, bu 6 ölçüm istasyonuna ait değerlerin aritmetik ortalamasından oluşmaktadır (Kütahya İl Sağlık Müd., 1999).

Kütahya, kirlilik ölçümlerinin başladığı 1989 yılından itibaren gerek yıllık değerler gerekse kış sezonu ortalamaları açısından Türkiye'nin havası en kirli illeri arasında, çoğu kez de birinci sırada yer almaktadır. Şehir merkezinde kış aylarında yaşanan hava kirliliği sorunu özellikle son üç yılda insan sağlığı açısından çok ciddi boyutlara ulaşmıştır. Şehirde 13 yıllık (1989-2001) kirlilik ölçümlerine göre SO₂ yoğunluğunun en yüksek olduğu ay ocak, PM yoğunluğunun en yüksek

olduğu ay ise kasımdır (Tablo 2). Bunlardan ocak ayları istatistiklerinden çıkardığımız ortalamalara göre, bu ayda SO₂ Hedef Sınır Değerlerinin (150 µg/m³) aşıldığı gün sayısı 28 gün olurken, Kısa Vadeli Sınır Değerlerin (400 µg/m³) aşıldığı gün sayısı 12, 1. Uyarı Kademesinin (700µg/m³) aşıldığı gün sayısı ise 3 gündür. PM yoğunluğunun en yüksek olduğu kasım ayları ortalamalarına göre de Hedef Sınır Değerlerin (150 µg/m³) aşıldığı gün sayısı 10 olurken, Kısa Vadeli Sınır Değerlerin (300 µg/m³) aşıldığı gün sayısı 3, 1. Uyarı Kademesinin (400 µg/m³) aşıldığı gün sayısı ise ortalama 1 gündür.

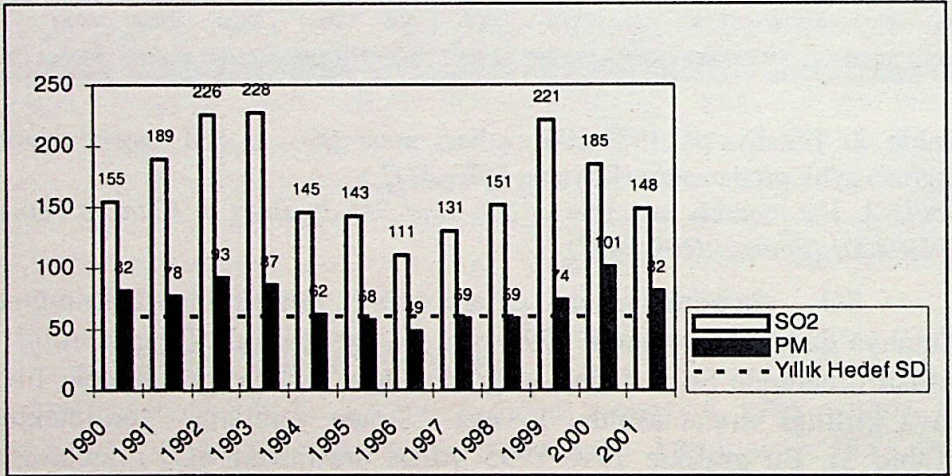
	Ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	eytül	ekim	Kasım	aralık
SO ₂	420,3	305,23	228,15	123	52,91	30,83	30,5	30,41	44,33	128,53	303,84	345,61
PM	132,69	98,84	79,53	55,91	43,91	37,16	31,75	35,25	49,58	89,76	136,84	119,92

Tablo 2. Kütahya'da 1989-2001 yılları arası SO₂ ve PM yoğunluklarının (µg/m³) aylık ortalamaları (Kaynak; DİE, 2002).

Table 2. The monthly averages of SO₂ and PM densities in Kütahya between 1989-2001 (Source; DİE, 2002).

SO₂ yoğunluklarının yıllara göre değişimine bakıldığında, Kütahya'da kirlilik oranının 1995 yılına kadar iniş-çıkışlar gösterdiği, bu yıldan itibaren Şekil 1'deki yoğunluklarla Türkiye genelindeki illerin hava kirliliği sıralamasında, 1 veya 2.sırada yer aldığı görülmektedir (Tablo 3). Bu grafikte 1990-1995 yılları arasındaki SO₂ oranlarındaki salınımların başlıca iki nedeni vardır; bunlardan ilki 1994, 1995, 1996 yılları kış mevsimlerinin, önceki yıllara oranla daha sıcak geçmesidir. Isınma ihtiyacının nispeten azalmasına bağlı olarak, bu yıllardaki SO₂ yoğunlukları da azalmıştır (Şekil3). İkinci neden ise, kentteki kirlilik ölçüm istasyonu sayısı 1989 yılında 1 iken bugünkü sayı olan 6'ya ulaşması 1992 yılını bulmaktadır, başka bir deyişle şehrin değişik noktalarına yerleştirilen ölçüm istasyonları, daha hassas ve gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Kütahya aynı grafikte görülen SO₂ yoğunluklarıyla, 1995'te Muş'tan sonra 2.sırada, 1996'da Kırıkkale'den sonra 2.sırada, 1997'de Muğla, Balıkesir ve Çanakkale'den sonra 4.sırada yer alırken, 1999-2000-2001 yıllarında ise 1.sırada yer almaktadır (Tablo 3). PM düzeyindeki değişimlere baktığımızda, SO₂ miktarlarıyla benzer salınımlar izlenmekte olup, özellikle 2000-2001 yıllarındaki büyük artış dikkati çekmektedir. Nitekim Kütahya bu yıllardaki PM

ortalamalarıyla SO₂ miktarında olduğu gibi Türkiye genelindeki illerin sıralamasında 1.sırada yer almaktadır. 1989-2001 yılları arasında, her iki kirletici bakımından Yıllık Ortalama Hedef Sınır Değer olan 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO₂ ortalamalarında tüm yıllarda aşılrken, PM ortalamaları bakımından da 1996 dışında yine tüm yıllarda aşılmıştır (Şekil 1). Ölçüm yapılan yıllardaki Kısa Vadeli Sınır Değerlerle (KVS) 1.Uyarı Kademesinin (1.UKS) aşıldığı gün sayılarına bakıldığında, SO₂ yoğunlukları bakımından KVS'nin en fazla aşıldığı yıl 58 günle 1999 yılıdır. Aynı yıl SO₂ için 1.UKS'nin aşıldığı gün sayısı 8 dir. PM yoğunlukları bakımından ise KVS'nin en fazla aşıldığı yıl 52 günle 2001 yılıdır.

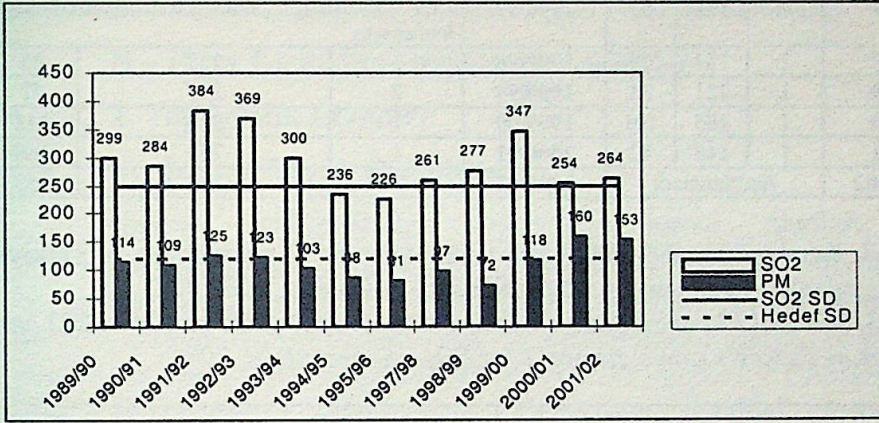


1.UKS de yine 1999 yılında 1 gün için aşılmıştır.

Şekil 1. Kütahya'da SO₂ ve PM yoğunluklarının yıllara göre (1990-2001) değişimi (Kaynak; DİE, 2002)

Figure 1. The changes in SO₂ and PM densities according to years in Kütahya (1990-2001) (Source; DİE, 2002).

Kütahya kent merkezinde hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı, kış sezonları SO₂ ve PM ortalamaları incelendiğinde, ölçüm yapılan 13 yıl içinde SO₂ için Kış Sezonu Hedef Sınır Değer olan 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün 1994/95 ve 1995/96 sezonları dışında tüm yıllarda aşıldığı görülmektedir (Şekil 2). Kütahya,1994/95 kış sezonunda Türkiye



Şekil 2. Kütahya'da 1989-2002 yılları arası kış sezonları SO₂ ve PM yoğunlukları (Kaynak; DİE,2002).

Figure 2. SO₂ and PM densities in Kütahya between the winter seasons of 1989-2002 (Source; DİE,2002).

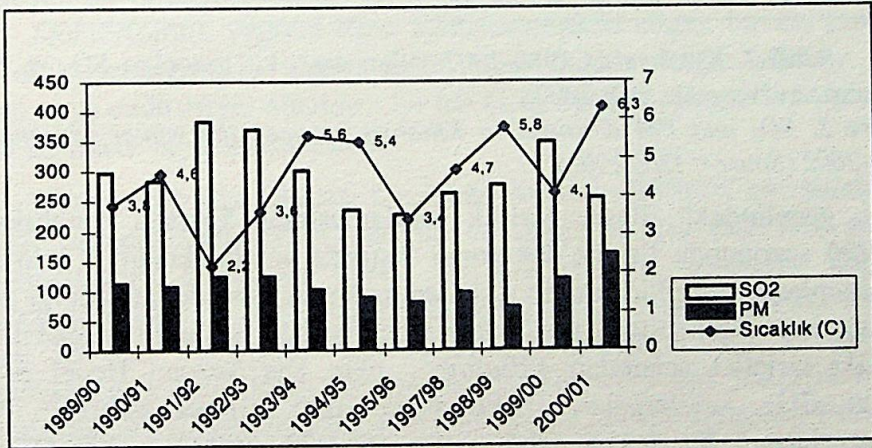
genelindeki illerin kirlilik sıralamasında 5.sırada yerilirken, 1995/96 sezonunda Edirne'den sonra 2.sırada yerilmektedir (Tablo 3). Bu sezonlarda hava kirliliğinin nispeten azalması, öncede belirtildiği gibi kış aylarının diğer yıllara oranla daha sıcak geçmesiyle ilgilidir (Şekil 3). Her iki kirletici açısından 120µg/m³ olan Kış Sezonu Hedef Sınır Değeri, SO₂ ortalamaları bakımından tüm yıllarda aşılırken, PM ortalamalarının bu değeri aştığı yıllar 1991/92, 1992/93, 2000/01 ve 2001/02 olarak görülmektedir (Şekil 2). İlgili yıllarda PM ortalamalarında beliren yüksek artış yine ortalama sıcaklıklarla ilişkilidir. Kütahya'nın 1989-2001 yılları arası kış sezonu sıcaklık ortalamalarına bakıldığında özellikle 1991/92 olmak üzere, 1992/93, 1995/96 ve 1999/2000 yılları kış sezonu ortalama sıcaklıklarının diğer yıllara oranla 2-3°C daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Yıllık Ortalama Emisyon (µg/m ³)				Kış Sezonu Ortalama Emisyon (µg/m ³)			
Yıllar	Sıra	SO ₂	PM	Yıllar	Sıra	SO ₂	PM
1990	11	155	82	1989/90	6	299	114
1991	4	189	78	1990/91	6	284	109
1992	2	226	93	1991/92	3	371	126
1993	3	228	87	1992/93	2	369	123
1994	10	145	62	1993/94	6	300	103
1995	2	143	58	1994/95	5	236	88

1996	2	111	49	1995/96	2	226	81
1997	4	131	59	1996/97	Veri yetersizliği nedeniyle değerlendirmeye lanmamıştır.		
1998	2	151	59	1997/98	3	252	85
1999	1	221	74	1998/99	2	277	72
2000	1	185	101	1999/00	1	347	118
2001	1	148	82	2000/01	1	254	160
2002	Açıklanmadı			2001/02	3	264	153

Tablo 3. Kütahya'da 1990-2002 yılları arası SO₂ ve PM emisyonları ve Türkiye geneli sıralamasındaki yeri (sıralama SO₂ için), Kaynak; DİE, 2002.

Table 3. SO₂ and PM emissions in Kütahya between the years of 1990-2002 and its place in Turkey's range general (for SO₂), Source; DİE, 2002



Şekil 3. Kütahya'da 1989-2001 arası kış sezonları sıcaklık ortalamaları ile aynı dönemdeki SO₂ ve PM düzeyi değişimleri (Kaynak; DİE ; DMİ, 2002).

Figure 3. Temperature averages in Kütahya between the winter seasons of 1989-2001 and changes in SO₂ and PM level at the same period (Source; DİE ; DMİ, 2002).

Kütahya 1989-2002 yılları arası kış sezonları SO₂ ortalamaları açısından, Şekil 2 deki değerlerle Türkiye genelindeki sıralamada, 1995/96 sezonunda Edirne'den sonra 2.sırada, 1997/98'de Yozgat ve Balıkesir'den sonra 3.sırada, 1998/99'da Çanakkale (Çan)'den sonra 2.sırada, 2001/02'de Yozgat ve Samsun (Merkez)'dan sonra 3.sırada yer alırken, 1999/00 ve 2000/01'de 1.sırada yer almıştır (Tablo 3). Ölçüm yapılan Kış sezonlarındaki KVS değerleri incelendiğinde SO₂ yoğunlukları bakımından bu sınır değerinin en fazla aşıldığı yıl 59 günle

1999-2000 kış sezonudur. PM yoğunlukları bakımından ise KVS değerinin en fazla aşıldığı kış sezonu 15 gün ile 2001/02 kışıdır.

D – Hava Kirliliğini Denetleyen Faktörler

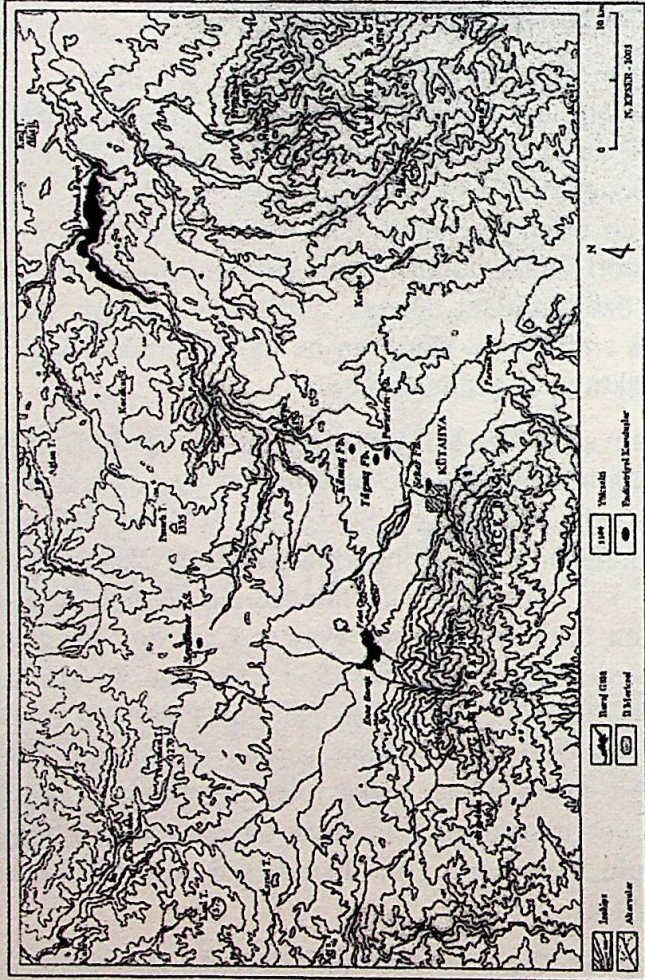
1. Topografik Etkenler

a) Jeomorfolojik Özellikler

Çevresi yükseltilerle kuşatılmış havza alanları, hava sirkülasyonunun sınırlı olduğu bölgelerdir. Hava kirliliğine de etki eden bu jeomorfolojik özellik, kirlenmenin doğrudan nedeni olmamakla birlikte, kirlenme emisyonlarının çevre havasında kalma süresi ve miktarını denetleyen en önemli etkidir (SUNGUR, 1974-1977 ; ŞAHİN, 1989, 2002). Jeomorfolojik yapının hava kirlenmesindeki etkisi, havza, çanak veya oluk özelliğindeki alanda etkili olan hakim rüzgar yönüne ve kentsel veya endüstriyel alanların bu havza içindeki konumlarına paralel olarak artmakta veya azalmaktadır.

Kütahya İli, Ege Bölgesi'nin İçbatı Anadolu Bölümü'nde yeralan, NW-SE uzanımlı Kütahya Ovası'nın en geniş kesimi (5,5 km) olan güneydoğusunda kuruludur (Şekil 4). NW ve SE yönlerine doğru daralarak sonlanan bir elips biçimindeki Ova, 25 km uzunluğunda olup, toplam 93 km² lik alan kaplamaktadır. Kütahya Ovası ve çevre alanlarının en önemli akarsuyu Porsuk Çayı'dır. Bölgeyi yaklaşık N-S yönünde kateden akarsuyun buradaki uzunluğu 70 km kadardır. Porsuk Çayı dışında diğer önemli akarsu ise yine Porsuğun bir kolu olan Felet Çayı'dır. Felet Çayının doğduğu yerden (Kızıltepe) Porsuğa katıldığı, Ovanın doğu kesimlerine kadar olan uzunluğu yaklaşık 50 km'dir. Yeraltısuyu ve kaynaklar bakımından da zengin olan bölge de Felet çayı üzerine kurulu Enne baraj gölü dışında göl veya sürekli bataklık alanları bulunmamaktadır.

Kütahya Ovasını çevreleyen alanlar genel olarak plato karakterinde olup, bölgede yeralan daha küçük çaplı diğer depresyonlar (Köprüören, Yoncalı, Tavşanlı) ve dağ dizilerinin genel uzanımları da NW-SE' dur. Ova'nın güneyini kuşatan dağlık alanlar, kuzey kesimlere oranla daha yüksektir. Bu durum, Ova'nın oluşum ve gelişimindeki



Şekil 4. Kutahya ve çevresinin topografya haritası.
 Figure 4. Topographical map of Kutahya and its surrounding.

tektonik etkisini yansıtan, Kütahya-Demirciören Fayına bağlı olarak gelişmiştir (ARDEL-KURTER, 1958-1959 ; DÖNMEZ, 1972 ; MTA, 1989). Şehrin güneyinde bu faya paralel uzanan dağ dizileri, doğudan kuzeybatıya doğru Yellice Dağı (İncebel T.,1764m, Bakırlı T.,1758m), Gümüş Dağı (Nalbant T.,1901m, Karlık T.,1890m, Arapdede T.,1589m, Çayıröz T.,1796, Almaalan T.,1731m ve Çalkıran T.,1762m) ve zirvelerinden oluşmaktadır. Güneye oranla yükseltisi daha az olan kuzey kesimlerde ise Yeşildağ (Tepelce T.,1533m) ve onun batıya doğru uzantıları olan tepeler yer alır. Yeşildağ kütesinin güney kesimlerinden itibaren Ova'ya doğru inen alçak plato alanlarına geçilir. Bunlar batıdan doğuya doğru, Çaltepe, 1156m, Pınarlı T.,1335m, Türkmen T.,1270m, Kızıl T.,1375m ve Üçsivri T.,1286m'den oluşan az belirgin tepelerdir. Ova'nın Güneydoğu ucunda 1826m yükseltisiyle Türkmen Dağı kütesi, kuzeybatı uçta ise Tavşanlı ve Köprüören depresyonları yer alır. Sonuç olarak, yukarıda topografik konumu açıklanan Kütahya Ovası'nın hava sirkülasyonunu güçleştiren, dağlık alanlarla kuşatılmış havza jeomorfolojisine sahip olması, yörede hava kirliliğinin dağılmasını engelleyen, dolayısıyla emisyonların çevre havasında kalma süresini artıran olumsuz bir etken olmaktadır.

b) Şehrin Konumu ve Yükselti

Kütahya şehri kuruluş kökeni olarak İlkçağ'a kadar uzanmakla birlikte kent yerleşmesi olarak önemi Ortaçağ'da Bizans Devri'nde başlar. O dönemdeki adıyla Kotiaieion şehrinin çekirdeği de savunma amaçlı olarak Yellice Dağı eteklerinde, Hisartepe (1099m) ile Hıdırlık Tepe önlerinde kurulmuştur (ARDEL-KURTER, 1958-1959 ; DARKOT-TUNCEL, 1995). Günümüzde Şehir, kale kalıntılarının da bulunduğu eski nüvesinden yaklaşık 150m kadar daha aşağıda kalan Ova'da gelişme göstermektedir. Yellice Dağı'na yaslanmış durumda olan şehrin etkinlik alanı da yine Ova'nın güneydoğusunda bulunan bu dağın kuzey eteklerinde yer alır. Deniz seviyesinden yükseltisi 970m olan Şehir ile hemen ardında yükselen Yellice Dağı arasındaki yükselti farkı 800m'yi geçmektedir. Kütahya bu konumuyla, yıl boyunca etkili olan hakim rüzgar yönüne (WNW) dik uzanmaktadır. Sonuç olarak, Kütahya şehrinin hemen eteklerinde yer aldığı Yellice Dağı ile güneybatısındaki Gümüş Dağı'ndan yaklaşık 800-1000m aşağıda kalması; hakim rüzgar yönüne dik uzanan bu dağların kirli havayı bloke ederek dağılmasını engellemesine ve şehir üzerinde birikmesine neden olmaktadır.

Daha önceki bölümlerde de açıklanan kent yakınındaki endüstri kuruluşlarından başka konumdan kaynaklanan diğer bir kirlenme etkeni de, ova içerisinde uzanan ve şehir merkezinin 2-3 km yakınından geçen şehirlerarası karayoludur. İstanbul -Kütahya - Antalya güzergahını izleyen bu karayolu oldukça işlektir. Trafik kaynaklı emisyonlarda önemli bir paya sahip olan kamyon, otobüs gibi araçların gün boyu yoğunluk oluşturduğu bu yolun varlığı, kentteki hava kirliliğinin artma nedenlerinden birini oluşturmaktadır.

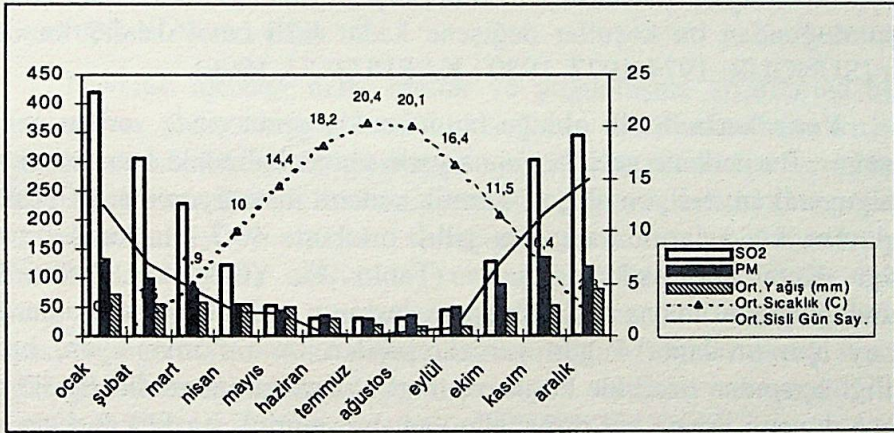
2. Klimatik Etkenler

a) Sıcaklık

Bu parametrenin hava kirliliği üzerindeki etkisi, düşük sıcaklıklardan dolayı ısınma ihtiyacının artmasına bağlı olarak, emisyon artışı şeklinde olmaktadır. İnsanların ısınma veya serinleme ihtiyacı olmadan kendilerini rahat hissedecekleri sıcaklık değeri olarak tanımlanan *konfor sıcaklığı*, Türkiye için 18,05°C- 22,8°C arasını kapsamaktadır (SUNGUR, 1980). Buna göre sıcaklığın 18°C'nin altına indiği mevsimler ısınma ihtiyacının arttığı, aynı zamanda hava kirletici emisyonların arttığı dönemler olmaktadır. Kütahya'da aylık ortalama sıcaklıkların konfor değeri içerisinde kaldığı aylar yalnızca haziran (18,2°C), temmuz (20,4°C) ve ağustos (20,1°C) aylarıdır. Buna karşılık, sıcaklığın 18°C eşik değerinin altına indiği aylar eylül-mayıs arası dönemi kapsamaktadır. Ancak saat 14'de ölçülen sıcaklık ortalamalarına göre eylül ayı 23,6°C, mayıs 19,7°C olup, bu aylardaki ısınma ihtiyacı yalnız sabah ve akşam saatlerinde olmaktadır (Tablo 4). Buna göre Kütahya için ısınma dönemi ekimden mayısa kadar olan 7 ayı kapsamaktadır. Son yıllarda artan hava kirliliğine bağlı olarak Kütahya Valiliği'nce alınan önlemler doğrultusunda, konut ve işyerlerinde ısıtıcı kullanma tarihi 15 ekimde başlayıp 15 mayısta son bulmaktadır. Kentte hava kirliliğinin yüksek olduğu dönemlerde kalorifer kazanlarının yakılma saatleri, sabah 06⁰⁰- 10⁰⁰, akşam 18⁰⁰-22⁰⁰ olarak düzenlenmiş olup, sıcaklığın 15°C'nin altına düştüğü soğuk günlerde bu uygulamaya son verilmektedir.

Kütahya'da ısınma dönemi içinde ortalama sıcaklığın en düşük olduğu aylar aralık (2,3°C), ocak (0,3°C) ve şubat (1,5°C). Hava kirliliği de aynı aylarda en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 5). Bu grafikte yeralan 1990-2001 yılları arası ölçülmüş kirlilik ortalamalarına

bakıldığında, SO₂ yoğunluğunun en yüksek olduğu ay ocak (420,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) iken, PM yoğunluğunun en yüksek olduğu ay kasımdır (136,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Her iki kirletici ortalamasının en yüksek olduğu ayın ocak olması beklenirken, en yüksek PM yoğunluğunun kasım ayına kaymış olması ise, bu ayda özellikle açık günler sayısının artması buna bağlı olarak inversiyon ve sis oluşumu, yağış miktarı, basınç değerleri, rüzgar yönü ve hızı gibi meteorolojik parametrelerin farklılaşmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. Kütahya'da 1990-2001 yılları arasında ölçülen SO₂ ve PM yoğunluklarının aylara göre değişimi ve aylık yağış, sıcaklık ortalamaları ile sisli günler sayısı (Kaynak; DİE ; DMİ, 2002).

Figure 5. The monthly changes in SO₂ and PM densities measured between 1990-2001, monthly rain and temperature averages, number of foggy days. (Source; DİE ; DMİ, 2002).

b) Sıcaklık Terselmesi (İnversiyon)

Yeryüzünden yükseğe çıkıldıkça sıcaklığın ortalama 100m'de 0,56°C azalması, alçaldıkça da aynı derecede artması *Dikey Sıcaklık Gradyanı* (Lapse Rate) olarak tanımlanır. Havanın bu şekilde, dışarıdan ısı alışverişi olmadan, yükseldikçe soğuma, alçaldıkça ısınması (adiyabatik sıcaklık değişimi), havanın nemli veya kuru olmasına bağlı olarak farklı oranlarda gerçekleşir. Kuru havanın adiyabatik sıcaklık değişimi nemli havadan daha fazladır. Buna göre kuru adiyabatik değişim 0,98°C/100m iken, nemli adiyabatik değişim 0,65°C/100m'dir (EROL, 1999). Bazı durumlarda bu açıklamaların aksine, yani sıcaklığın

yerden yükseldikçe azalacağı yerde artması ve belli bir düzeyden sonra tekrar normal sıcaklık azalmasına devam etmesi olayına *Sıcaklık Terselmesi* veya *İnversiyon* denir. İnversiyon sonucu, yeryüzüyle temas halinde olan hava kütlesi yükseklere nazaran daha soğuk bir hal aldığından, üzerinde kararlı bir hava kütlesi oluşur. Mutlak kararlılıkta denilen bu durumlarda güçlü hava hareketleri beklenemez. Hava kirlenmesi açısından çok önemli olan inversiyon sırasında, hava sıcaklığı genellikle 0°C'nin altına düşer. Buna bağlı olarak da don olayı ve sis oluşur. İnversiyon tabakası, havanın düşey yöndeki hareketine engel oluşturduğundan bu koşullar değişene kadar kirli hava da dağılmadan kalır (SUNGUR, 1974-1977, 1980 ; KARPUZCU, 1996).

Yerin karla örtülü olduğu bulutsuz kış gecelerinde yerden ışıma yüksektir. Bu nedenle gece boyunca yerle temas halindeki hava tabakası da soğuyarak inversiyon oluşur. Termik nedenli inversiyon olarak bilinen bu durum, kış aylarında zeminin yıllık ortalama 40,7 gün karla örtülü olduğu Kütahya'da sıkça yaşanır (Tablo 4). Yerde kar örtüsünün bulunduğu kasım-mayıs arası dönemde, havanın açık olduğu zamanlarda, her ay için ortalama 4 gün gerçekleşebilen bu tip inversiyon, hava kirliliği açısından özellikle kasım ve mart aylarında önemlidir. Bu iki ay ısınma dönemi içinde kar örtüsünün yanısıra, günlük sıcaklık farkları ve açık günler sayısı bakımından, termik kökenli inversiyona en elverişli koşulların gerçekleştiği aylardır. Nitekim 13 yıllık ölçüm değerleri içinde PM ortalamasının en yüksek olduğu 2000 yılı kasım ayı meteorolojik verilerine göre, bu ayda havanın açık olduğu günler (0,0-1,9) 15 gün olarak kaydedilmiştir. Sonuç olarak, Kütahya'da özellikle kasım ve mart aylarında gerçekleşen termik kökenli inversiyonlar, bu aylarda kirletici emisyonların da yüksek olmasına bağlı olarak, çoğu kez sisle birleşen kirli havanın günlerce şehir üzerinde kalmasına neden olmaktadır.

Vadi ve çanak içlerinde oluşan diğer bir inversiyon türü de, soğuk cephe terselmesidir. Soğuk havanın sıcak havanın altına sokulması veya sıcak havanın soğuk havanın üstüne çıkması sonucu oluşan bu inversiyon tipi, dinamik kökenlidir. Kütahya'da kar yağışının ilk başladığı ekim ayından, sona erdiği mayıs ayına kadar olan sürede, Ova tabanıyla arasında ortalama 800-1000m yükselti farkı bulunan Yellice ve Gümüş Dağları karla örtülüdür. Aynı dönemde Kütahya şehrinin içinde yer aldığı Ova'daki sıcaklıklar bu dağlık alanlara göre daha yüksektir. Yellice ve Gümüş dağlarında gece süresince soğuyan hava, yamaçlar boyunca

Kütahya Ovasına doğru akar ve altına girdiği sıcak havayı yukarı doğru iter. Ova ve Şehrin üzerini kaplayan bu soğuk hava gece boyunca kalınlığını artırır. Ertesi gün genellikle sis oluşumuna neden olan bu inversiyon tabakası, gece boyunca ısıtıcılardan yayılan emisyonlarla kirlenmiş havayı da içermektedir. Dağılması için kuvvetli rüzgarların gerektiği, bu sis ve kirli hava karışımı kentte günlerce etkili olmaktadır. Çevresindeki dağlık kütleler ile 1000m'ye varan yükselti, dolayısıyla sıcaklık farkı nedeniyle yıl boyunca etkili olan dinamik kökenli inversiyon, Kütahya'daki hava kirliliğini artıran en önemli etkendir.

c) Nisbi Nem ve Sis

Havanın içerdiği nem, miktar ve yoğunlaşma koşullarına bağlı olarak sis ve yağış oluşumlarına imkan verir. Bunlardan hava kirliliği açısından en önemli olan yoğunlaşma türü sistir. Havada kirleticilerin fazla olduğu kış mevsimlerinde sis oluşumu, SO₃ (kükürt trioksit) ile havadaki su zerreciklerinin (H₂O) reaksiyonu sonucunda, canlı hayatı bakımından çok tehlikeli olan H₂SO₄ oluşumuna neden olabilmektedir. Sis ikinci önemli etkisi de güneş ışınlarının yere ulaşmasına ve aynı şekilde radyasyonla geri dönmeye engel oluşturmaktadır. Böylece çanak ve vadi morfolojisindeki alanlarda oluşan inversiyon tabakası ve içerdiği kirli hava, sis dağılana kadar ortamda kalır (KARPUZCU, 1996).

Hava sıcaklığının düşmesi sonucu atmosferdeki nemin yoğunlaşmasıyla meydana gelen sisler, oluşum mekanizmalarına göre çeşitlilik gösterirler. Ülkemiz ve orta enlemlerin engebeli topografyasında oluşan sisler genellikle kara içlerine özgü, radyasyon sisleri niteliğindedir (ERİNÇ, 1996 ; EROL, 1999). Bu tip sislerin oluşumunda, çukur alanlar içindeki akarsu ve göl gibi su kütleleriyle, endüstriyel kuruluşlardan yayılan aerosoller çekirdek vazifesi görürler. Kütahya'da hava kirliliğinin kritik düzeylere geldiği kış aylarında oluşan sisler genel olarak inversiyon sisleri olmaktadır. Bunun yanı sıra engebelerle kuşatılmış bir ovaya kurulu olan kentin, Porsuk ve Felet Çayları tarafından katedilmesi, yeraltı suları bakımından zengin ve bunların yer yer yüzeye yakın olmaları, merkeze yakın köylerde (Bölcek köyü) çayır alanlarının geniş yer tutması ve endüstriyel kuruluşlardan yayılan pollütantlar sis için yoğunlaşma çekirdeği oluşturmaktadır. Bu koşullara bağlı olarak Kütahya'da şehir üzerinde yoğunlaşan sis tabakası aynı zamanda Kent Sisleri niteliğindedir.

Kütahya'da kış sezonunda nisbi nem oranının en yüksek olduğu aylar, aralık (%76), ocak (%75), şubat (%72) ve kasımdır (%70). Ortalama sisli günler sayısının en fazla olduğu aylar ise, aralık (15,0), ocak (12,5) ve kasım (11,8)dir (Tablo 4). Kütahya'da nisbi nem ve sisli günler sayısının yüksek olduğu aylardaki bu paralellik hava kirliliğinde de görülmekte olup, aynı aylarda hava kirliliği de maksimum düzeydedir. Kütahya'da 1989-2002 yılları arası ölçülen en yüksek SO₂ yoğunlukları, ocak 1993 (939 μ g/m³), ocak 1992 (624 μ g/m³), şubat 1992 (535 μ g/m³) ve aralık 1993 (497 μ g/m³) aylarında tespit edilmiştir. Aynı süre içindeki en yüksek PM yoğunlukları ise kasım 2000 (273 μ g/m³), şubat 2002 (264 μ g/m³), ocak 1993 (252 μ g/m³) ve aralık 2000 (206 μ g/m³) olarak ölçülmüştür (DİE, 2002-2003).

Ortalama Rüzgar Hızları (m/s)													
Rasat S. (Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem.	Ağust.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
27	1,6	1,8	1,8	1,9	1,7	1,6	1,7	1,5	1,3	1,3	1,4	1,7	1,6
En Hızlı Rüzgar Yönü ve Hızı (m/s)													
27	SSW	SSW	SW	SW	SSW	WNW	SSW	SSW	W	SW	SSW	SW	SW
	24,0	24,2	21,1	23,8	20,3	20,6	18,7	20,6	19,2	22,1	22,6	25,2	25,2
Ortalama Kuvvetli Rüzgarlı Gün Sayısı (10,8-17,1 m/s)													
27	4,3	5,4	5,5	7,8	5,1	4,7	2,6	2,2	3,2	3,4	4,7	5,4	54,3
Ortalama Fırtınalı Gün Sayısı (17,2 > m/sn)													
27	1,0	0,9	0,5	0,8	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,6	0,8	5,3
Ortalama Yerel Basıncı (mbar)													
27	905,5	904,3	903,4	902,5	904,1	904,3	903,7	904,3	906,3	907,6	907,0	905,8	904,9
En Yüksek Yerel Basıncı													
27	920,5	919,6	920,9	912,9	912,9	912,3	912,2	911,8	915,1	917,6	919,1	919,5	920,0
En Düşük Yerel Basıncı													
27	883,1	884,8	881,8	888,8	892,4	893,9	893,6	894,3	894,5	894,6	888,9	885,3	881,0
Ortalama Sisli Günler Sayısı													
26	12,5	7,0	4,4	2,3	2,2	0,3	0,0	0,4	0,8	7,0	11,8	15,0	63,7
Ortalama Nisbi Nem (%)													
35	75	72	67	62	61	59	58	60	61	66	70	76	65
Ortalama Bulutlu Günler Sayısı (2,0-8,0)													
27	15,5	14,9	16,2	18,3	19,9	16,9	13,6	13,6	12,9	15,4	17,3	15,1	189,6
Ortalama Açık Günler Sayısı (0,0-1,9)													
27	2,6	2,8	5,1	4,1	6,4	11,1	16,0	16,3	15,4	8,7	4,3	2,1	94,9
Ortalama Kapalı Günler Sayısı (8,1-10,0)													
27	12,9	10,5	9,7	7,6	4,7	2,0	1,4	1,1	1,7	6,9	8,4	13,7	80,6

Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm)													
35	71,8	55,2	57,7	55,1	51,2	31,6	19,8	16,1	17,4	40,0	51,6	79,7	547,2
Ortalama Kar Yağışlı Günler Sayısı													
27	20,5	18,7	14,7	3,9	0,3	-	-	-	-	0,3	5,4	15,9	79,7
Ortalama Karla Örtülü Günler Sayısı													
27	14,4	9,8	5,5	0,6	0,1	-	-	-	-	-	1,7	8,6	40,7
Ortalama Don Olayının Yaşandığı Günler Sayısı													
12	22	19,3	16	3,7	0,2	-	-	-	-	1,4	11,8	17,4	92,7
Ortalama Sıcaklık (°C)													
35	0,3	1,5	4,9	10,0	14,4	18,2	20,4	20,1	16,4	11,5	6,4	2,3	10,5
Saat 07 deki Ortalama Sıcaklık (°C)													
35	-2,0	-1,5	0,9	6,0	10,6	14,3	16,2	15,2	10,5	6,5	2,6	0,2	6,6
Saat 14 deki Ortalama Sıcaklık (°C)													
35	3,1	5,0	9,4	14,8	19,7	23,6	26,7	27,0	23,6	17,6	11,2	5,0	15,6
Saat 21 deki Ortalama Sıcaklık (°C)													
35	0,0	1,2	4,7	9,6	13,7	17,4	19,4	19,2	15,6	10,9	6,0	1,9	10,0

Tablo 4. Kütahya'nın iklim verileri (Kaynak; DMİ, 2002).

Table 4. Climate data of Kütahya (Source; DMİ, 2002).

Sonuç olarak, Kütahya'da hava kirliliğinin en üst düzeyde olduğu aylardan özellikle aralık ve ocak, SO₂ yoğunluğunun maksimum düzeyde, sisli günler sayısının en fazla olduğu aylar olması nedeniyle H₂SO₄ oluşumu açısından yüksek risk oluşturmaktadır (Şekil 5).

d) Bulutluluk

Bulutlar, güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasını engelleyerek hava kirliliğini dolaylı yünden etkilerler. Yeryüzünün güneşlenmesi bulut örtüsünün sıklığı ve kalınlığıyla orantılı olarak azalır. Buna göre de gökyüzünün 8,1-10,0 oranında bulutla kaplı olduğu günler güneşlenmenin en az, ısınma ihtiyacının en fazla olduğu günlerdir. Böylece kış aylarındaki kapalı günler aynı zamanda havada ısınmadan kaynaklanan emisyonlarında arttığı günler olmaktadır.

Kütahya'da yıllık ortalama bulutlu günler sayısı 189,6 gün, ısınma dönemindeki bulutlu günler ise 94,4 gündür. Bulut örtüsünün türüne ve sıklığına bağlı olarak güneş ışınlarının tümüyle engellenmediği bu günler, kentteki hava kirliliği açısından belirgin bir olumsuzluk oluşturmamaktadır. Kütahya'da yıllık kapalı günler sayısı 80,6 gün olup, ısınma dönemindeki toplam 62,1 gün kapalı geçmektedir (Tablo 4). Isınma döneminde kapalı günlerin en çok olduğu aylar aralık (13,7), ocak (12,9) ve şubattır (10,5). Bu ayların aynı zamanda 13 yıllık hava kalitesi ölçüm sonuçlarına göre, emisyon miktarının da en yüksek olduğu

dönemler olduğu gözönüne alındığında, kapalı günlerin Kütahya'daki hava kirliliğini artıran olumsuz bir etken olduğu anlaşılmaktadır.

e) Yağış

Yağış, atmosferdeki kirletici maddeleri beraberinde yeryüzüne indirmesi nedeniyle hava kirliliği açısından olumlu etkindir. 15 dakikalık sürekli bir yağış, havada bulunan 10 mikrona kadar olan kirleticilerin %28'ini temizleyebilmektedir. Ancak bu temizleme gücü partikül çapının küçülmesiyle azalır. Gaz şeklindeki bazı kirleticiler yağmur damlalarınca eritilerek tutulurken, kar şeklindeki yağış da havanın temizlenmesini sağlamaktadır (GÜNEY, 2002).

Kütahya'da en çok yağış alan kesimler, yükseltiye bağlı olarak Gümüş Dağı, Yellice Dağı, kuzeydeki Yeşildağ ve Türkmen Dağı'nın uzantısı olan tepelerdir. Bu alanlarda 1500m'nin üzerindeki tepeler 800-1000mm, 1750m'den daha yüksek kesimler ise 1000mm'nin üstünde yağış alırlar (DÖNMEZ, 1972). Deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 970m olan Kütahya Ovası'nın toplam yağış miktarı ise, yıllık 547,2 mm'dir. Kentte yağışın en çok olduğu aylar aralık, ocak, şubat ve marttır (Şekil 5). Hava kirliliğinin de çok yüksek olduğu bu aylardaki yağışlar, her ay için ortalama 15 günden fazla olmak üzere kar şeklinde olmaktadır. Yılda ortalama 79,7 günün kar yağışlı olduğu İlde ocak 20,5 gün, şubat 18,7gün, aralık 15,9gün, mart ayı ise 14,7gün kar yağışlı geçer (Tablo 4). Kirletici emisyonların çok yüksek düzeyde olduğu ilgili aylarda, kar yağışıyla birlikte kirleticilerde yeryüzüne inerek hava temizlenmektedir. Kar yağışının bu olumlu etkisinin yanısıra, devamında gelen zeminin karla örtülü olduğu dönemlerde (40,7gün/yıl) albedonun çok yüksek olması, havanın fazlaca soğumasına neden olmaktadır. Bu da artan ısınma ihtiyacına bağlı olarak ısıtıcılardan kaynaklanan emisyonların artışı ile sonuçlanmaktadır.

Kütahya'daki hava kirliliği, ısıtıcılardan kaynaklanan emisyonlar nedeniyle kış aylarında daha da artmakla birlikte, endüstriyel kuruluşlardan çıkan emisyonlara bağlı olarak yaz aylarında da devam eder. Bu bakımdan mayıstan eylül ayına kadar, kış aylarına göre 1/10 oranında azalmış olarak devam eden emisyon yoğunluklarında bu dönemdeki yağış miktarı da etkilidir. Bu süre içindeki haziran, temmuz, ağustos aylarında yağış azlığıyla ilgili olarak PM değerleri de oransal artış göstermektedir. Genel olarak kış aylarında PM yoğunluğu SO₂'e

oranla daha az olurken hazirandan eylüle kadar olan aylarda PM'nin SO₂'e göre daha fazla veya aynı düzeyde olması, endüstriyel proseslerden kaynaklanan ve 2,5µg'dan daha küçük olan ince partiküllerin yağışlarla yeryüzüne indirilememesiyle ilgilidir. Kütahya'da ekim ayından mayısa kadar devam eden ısınma döneminde SO₂ ve PM düzeyi değişimleri kasım ayı dışında paralellik gösterir. Daha öncede ifade edildiği gibi her iki kirletici yoğunluklarının en soğuk ay olan ocakta maksimum düzeyde olması beklenirken en yüksek PM yoğunluğu kasım ayında görülmektedir. Bu durumda etkili olan faktörlerden biri de bu ayda düşen yağış miktarının (51,6mm) diğer ısınma dönemi aylarına oranla az olmasıdır. Sonuç olarak, en fazla yağışın, kirliliğin en üst düzeyde olduğu kış aylarında düşmesi, havadaki kirletici maddelerin uzaklaştırılmasını sağlayarak Kütahya'daki hava kirliliğinin azalmasında olumlu etken olmaktadır. Yağışların azaldığı yaz mevsiminde SO₂'e göre PM yoğunluğundaki oransal artış, endüstriyel kuruluşlardan yayılan ince partiküllerin yağışla uzaklaştırılmamasıyla ilgilidir.

f) Basınç

Alçak basınç (siklon) alanlarında hava hareketleri çevreden merkeze doğru, saat hareketinin tersi yönünde (kuzey yarımkürede) olup, havanın düşey doğrultuda yükselmesini sağlar. Yükselen havada soğumaya bağlı yoğunlaşma olduğu için hızlı rüzgar ve yağış oluşumları meydana gelir (ERİNÇ, 1996 ; EROL, 1999). Bu nedenle alçak basınç merkezleri kirli havanın uzaklaştırılması bakımından olumlu etkiler oluşturur. Yüksek basınç (antisiklon) alanlarında ise hava hareketi merkezden çevreye doğru, saat hareketi yönündedir. Bu durumda havanın düşey yönde alçalmasına bağlı olarak ısınma meydana geldiğinden, rüzgar ve yağmur oluşumları beklenemez. Havanın, dolayısıyla kirleticilerin zemine doğru hareket ettiği antisiklon merkezleri açıklandığı gibi yağışsız ve durgun hava koşullarını da içerdiğinden hava kirliliği açısından olumsuz etkilere neden olur (KARPUZCU, 1996).

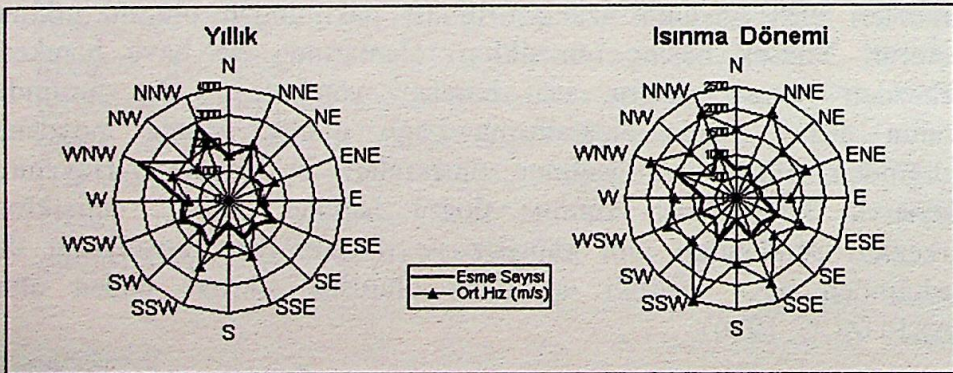
Kütahya'da yıllık ortalama yerel basınç 904,9 mbar olup, yıl boyunca en düşük yerel basınç ortalaması 881,0 mbar, en yüksek ise 920,0 mbar'dır (Tablo 4). Genel olarak alçak basınç koşullarının etkili olduğu bölgede ortalama yerel basıncın en yüksek değerlerde olduğu aylar, kasım (907,0 mbar), aralık (905,8 mbar) ve ocaktır (905,5 mbar).

Isınmadan kaynaklanan emisyonların en üst düzeyde olduğu bu aylarda, yerel basıncın da yüksek oluşu, hava kirliliğini ve etkilerini artıran önemli bir faktör olmaktadır. Havanın yüksek basınca bağlı alçalma hareketi sonucunda zemine doğru alçalan kirleticiler, yuksekten bakıldığında şehrin üzerinde koyu gri bir duman örtüsü oluşturur. Sonuç olarak, Kütahya'da, havaya karışan emisyon miktarının en fazla olduğu kısım, aralık ve ocak aylarında, yerel basıncın da yüksek değerlerde olması, alçalan hava hareketine bağlı olarak kirli havaya maruziyeti artırmaktadır.

g) Rüzgar

Hava içerisindeki kirletici emisyonların dağıtılması veya uzaklaştırılmasında en önemli meteorolojik parametre rüzgarlardır. Bu nedenle hava kirliliği önleme çalışmalarında emisyonla maruz bölgelerde etkili olan rüzgarların; yönü, hızı ve esme sıklığından (frekans) oluşan üç özelliğinin tam olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Kütahya'da yıllık hakim rüzgar yönü, Ülkemizde yıl boyunca etkili olan aksiyon merkezlerinin durumu ile bölgedeki jeomorfolojik uzanımına uygun olarak WNW'dır. Rubinstein formülünden yararlanarak yaptığımız hesaplamalara göre bu rüzgarın esme sayısı 3361, frekansı ise %36'dır. Kentteki ısınma döneminde ise kuzey sektörün yanısıra 2.hakim

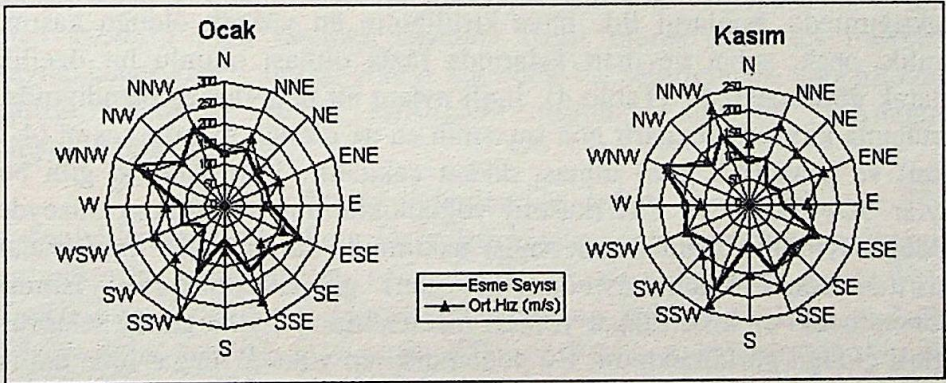


Şekil 6. Kütahya'da Yıllık ve Isınma Dönemi (ekim-mart) hakim rüzgar yönleri ile ortalama hızları (Kaynak; DMİ, 2002).

Figure 6. The annual and heating period (october-march) dominant wind directions and their average speeds in Kütahya (Source; DMİ, 2002).

yön olarak SSW rüzgarı etkili olmaktadır (Şekil 6). Kış sezonunda etkili olan 1.hakim rüzgar yönü WNW'nın frekansı %31 iken 2.hakim yön SSW rüzgarının frekansı ise %25'tir. Yıl boyunca ve özellikle ısınma döneminde etkili olan WNW rüzgarı, Ova'nın kuzeybatısında bulunan Seyitömer Termik Santrali ile kuzeyde yer alan diğer sanayi kuruluşlarının (gübre, porselen, ambalaj, manyezit ve şeker fabrikaları) emisyonlarını şehrin bulunduğu, güney kesimlere doğru taşır. Bu rüzgarın olumsuz etkisini artıran diğer bir faktör de, kentin hemen ardında (S-SW) yükselen Yellice ve Gümüş Dağlarının rüzgarın bloke olmasına ve taşınan emisyonların Kütahya şehir merkezi üzerinde birikmesine neden olmasıdır. 2.hakim yön olan SSW rüzgarı ise, hava kirliliğinin dağıtılması açısından, etkili olduğu dönemlerde olumlu sonuçlar vermektedir.

Kütahya'da hava kirliliğinin en fazla olduğu aylardan özellikle ocak SO₂, kasım ise PM yoğunluğunun en yüksek olduğu aylardır. Bu nedenle bu iki ayda etkili olan rüzgar durumlarını ortaya koymak üzere ayrı rüzgar gülleri oluşturulmuştur (Şekil 7). Her iki ayda da 1.hakim yön olan WNW rüzgarının ocaktaki esme sayısı 244, kasımda 206, frekansı ise ocakta %31, kasımda %29'dur. İkincil hakim rüzgar yönleri ise ocakta 209 esme sayısı ve %27 frekansla ESE iken, kasımda 199 esme sayısı ve %30'luk frekansla SSW'dır.



Şekil 7. Kütahya'da Ocak ve Kasım ayları hakim rüzgar yönleri ile ortalama hızları (Kaynak; DMİ, 2002).

Figure 7. Dominant wind directions of January and November with their average speeds in Kütahya (Source ; DMİ, 2002).

Kütahya'da yıllık ortalama rüzgar hızı 1,6 m/s' dir. Kış sezonunda, hava kirliliğinin en fazla olduğu aylardaki ortalama rüzgar

hızları ise kasımda 1,4 m/s, aralıkta 1,7 m/s, ocakta 1,6 m/s, şubat ve martta 1,8 m/s'dir. Isınma dönemi geneli ile ocak, kasım aylarında 1.hakim rüzgar yönü olarak beliren WNW rüzgarının bu dönemdeki ortalama hızı 2,1 m/s olarak gerçekleşmektedir. Endüstriyel kuruluşların emisyonlarını ovanın güneydoğusundaki kent ve çevre alanlarına doğru taşıyan bu rüzgarın ortalama hızının diğer yönler göre düşük olması olumlu bir özellik olarak değerlendirilebilir. Ancak bu dönemdeki esme sıklığı bakımından bütün yönler içindeki payının %31 olması kentteki hava kirliliğini artıran olumsuz bir etken olmalıdır. Bölgede kış aylarındaki 2.hakim yön olan güney sektör rüzgarlarının Isınma dönemi genelindeki ortalama hızı 2,5 m/s, ocakta 2,9 m/s, kasımda ise 2,3 m/s'dir. Ocak ayı dışında (ESE), genel olarak SSW'dan esen bu rüzgarların WNW'ya oranla daha hızlı esmeleri, kentteki hava kirliliğinin dağıtılmasında önemli etkidir. Kentte hava kirliliğinin yüksek olduğu dönemlerde esen en hızlı rüzgar yönlerini kapsayan güney sektörün bu dönemlerdeki esme sayısının düşük, esme sıklığının ise %25-30 arasında kalması, sezon boyunca süren hava kirliliğinin dağıtılmasında yeterli olmamaktadır.

Hava kirliliğinin dağıtılması bakımından çok etkili olan, kuvvetli rüzgarlı (10,8-17,1 m/s) ve fırtınalı gün (17,2> m/s) sayılarına baktığımızda, bunların İlde hava kirliliğinin en yüksek olduğu kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında fazla olması olumlu bir özellik olarak görülmektedir (Tablo 4). İlgili aylara ait değerler incelendiğinde, ortalama kuvvetli rüzgarlı gün sayısının en az olduğu ayların kasım (4,7 gün) ve ocak (4,3 gün) olması dikkat çekicidir. Hatırlanacağı gibi bu aylar SO₂ (ocak) ve PM (kasım) yoğunluklarının maksimum düzeyde olduğu aylardır. Fırtınalı gün sayısı bakımında da en düşük ortalamalar marttan sonra kasım ayında (0,6 gün) gerçekleşmektedir. Isınma dönemindeki en hızlı rüzgar yönleri incelendiğinde, yine güney sektörün etkili olduğu görülmektedir. Bu dönemdeki en yüksek rüzgar hızı, aralık (25,2 m/s-SW) ayında kaydedilirken, kasım (22,6 m/s-SSW) ve martta (21,1 m/s-SW) rüzgar hızlarının nispeten düşük oldukları görülmektedir. Kentte en hızlı rüzgarların aralık ayında esmesi, emisyon miktarının da çok yüksek olduğu bu ayda hava kirliliğinin dağıtılmasını olumlu yönde etkilemektedir. Yıl içindeki en yüksek hız değerinin diğer kış sezonu aylarına göre düşük olduğu ayın kasım olarak belirmesi ise, yine bu ayda kaydedilen en yüksek PM yoğunluklarının diğer etkenlerin yanısıra

rüzgar hızının düşük olmasıyla da ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, hakim rüzgar yönünün (WNW) orografik hatlara dik olması, 2.hakim yön olan güney sektör rüzgarlarının olumlu etkilerinin yanında frekanslarının düşük olması ve emisyon miktarının yüksek olduğu aylarda kuvvetli rüzgarlı gün sayısının az olması, İlde kış sezonu hava kirliliğinin dağıtılmasını engelleyen olumsuz rüzgar özellikleridir. Bu bulgular ışığında da, Kütahya'da hakim olan rüzgarların kentteki hava kirliliğinin dağıtılmasında yetersiz kaldığı, zaman zaman emisyonları kent üzerinde biriktirerek kirliliğe neden olduğu anlaşılmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Kütahya'nın topografik ve iklimik özellikleri ayrıntılı olarak irdelenmiş ve bunlara ilişkin parametrelerin kentteki hava kirliliğine etkileri değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Kütahya'da hava kirliliğine neden olan emisyonlar, özellikle kış aylarında konut ve iş yerlerinin ısıtılmasından kaynaklanmaktadır. Kent çevresinde yeralan endüstriyel kuruluşların yıl boyunca devam eden faaliyetleri sonucu oluşan emisyonlar ise ikinci önemli kaynağı oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra İl merkezinde 47.340 olan motorlu kara taşıtları sayısına bağlı olarak kent içi trafikten kaynaklanan kirleticilerle, yöreyi kat eden bir şehirlerarası karayolunun varlığı, kentteki hava kirliliğini artıran 3.emisyon kaynağını oluşturmaktadır.

2. Hava kalitesi ölçümlerinde kriter alınan SO₂ ve PM yoğunluklarının Hedef Sınır Değerleri kentte bütün kış sezonu aylarında aşılmaktadır. İnsan sağlığı açısından kritik sınır değerleri içeren Kısa Vadeli Sınır Değerlerle 1.Uyarı Kademesinin aşıldığı günlerin en fazla olduğu aylar ise SO₂ için ocak, PM için kasım ayları olmaktadır. En yüksek SO₂ ve PM yoğunluklarının farklı aylarda gerçekleşmesi, ilgili dönemlerde inversiyon, yağış, basınç, rüzgar yönü ve hızından oluşan iklimik parametrelerin farklılaşmasından kaynaklanmaktadır.

3. Kentin içerisinde yer aldığı Kütahya Ovası, çevresi yükseltilerle kuşatılmış havza jeomorfolojisine sahiptir. Hava sirkülasyonunu güçleştiren bu topografik özellik, çevre havasındaki

kirletici emisyonların miktar ve ortamda kalma sürelerini artırarak hava kirliliğini olumsuz etkilemektedir.

4. Bölgede yer alan Yellice ve Gümüş Dağları hava kirliliğine etki eden en önemli jeomorfolojik unsurdur. Bu dağların; S-SW doğrultulu uzanımları, süreklilik göstermeleri ve Ova tabanından kısa mesafede 1900m yükseltisine ulaşmaları gibi özellikleri, başta inversiyon ve sis oluşumu olmak üzere yerel basınç ve rüzgar koşullarına etki ederek, hava kirliliğini dolaylı olarak etkiler.

5. Şehir merkezinin konum olarak ovanın güneydoğusunda, hakim rüzgar yönüne dik uzanan Yellice Dağının eteklerinde bulunması, hava kirliliğini olumsuz etkileyen başlıca faktördür. Kentte konuma bağlı olarak hava kirliliğine etki eden diğer önemli faktör de, endüstriyel kuruluşların yerlerinin yanlış seçilmiş olmasıdır. Bunların ova içerisinde, şehirle aynı yükseltide ve yakın mesafede bulunmaları, emisyonlarının hava sirkülasyonunun güç olduğu ova içerisinde kalmasına neden olmaktadır. Kütahya bu konumuyla, kış sezonunda ısınmadan kaynaklanan emisyonların yanısıra kuzeydeki endüstriyel kuruluşların emisyonlarının da yığıldığı alan olmaktadır.

6. Kış aylarındaki düşük sıcaklıklar, ısınma ihtiyacına bağlı olarak artan emisyon miktarı nedeniyle kentteki hava kirliliğini dolaylı olarak etkileyen bir faktördür. Kütahya'da hava kirliliği sorunu, ısınma dönemi olan ekim-mayıs arası 7 aylık süreyi kapsamaktadır. Bu süre içinde hava kirliliğinin en yüksek olduğu aylar, ortalama sıcaklıkların en düşük olduğu kasım, aralık, ocak ve şubat aylarıdır.

7. İnversiyon ve buna bağlı sis oluşumu kentte hava kirliliğini artıran en önemli iklimik etkidir. Zeminin karla örtülü ve açık günler sayısının en fazla olduğu kasım ve mart ayları kentte termik kökenli inversiyonun en çok gerçekleştiği aylardır. Bölgedeki dağlık alanlara ilk kar düştüğü ekimden mayıs ayına kadar olan dönem ise, ova ve çevresindeki dağlar arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle dinamik kökenli inversiyonların oluştuğu dönemdir. Oluşma koşullarının elverişli olması itibariyle, emisyon miktarının en üst düzeyde olduğu ayları (aralık, ocak, şubat) kapsayan dinamik kökenli inversiyon (soğuk cephe terselmesi) Kütahya'daki hava kirliliğinin artmasında daha fazla etkilidir.

8. Kütahya'da en yüksek nispi nem ve sis oluşumlarının gerçekleştiği aylardan aralık ve ocak, sisli günler sayısı ile SO₂ yoğunluğunun çok yüksek olması bakımından H₂SO₄ oluşumu açısından risk oluşturmaktadır. Kentte oluşan sisler genel olarak inversiyon kökenlidir. Bunun yanısıra şehir ve çevresinde, yoğunlaşma çekirdeği oluşturan nem kaynakları (akarsu, kaynak ve çayır alanları) ve endüstriyel emisyonların varlığına bağlı olarak, yalnızca yerleşim merkezinin üzerinde yoğunluk kazanan, kent sisleri oluşumu da sıklıkla görülür.

9. Isınma döneminde kapalı günler sayısının en fazla olduğu aylar, aralık ve ocaktır. Bu aylarda aynı nedenle albedonun yüksek olması, ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak ısınma ihtiyacını artırmaktadır. Bu bakımdan kentte gökyüzünün bulutlarla kaplanmış olduğu günler, emisyon miktarındaki artış nedeniyle hava kirliliğini olumsuz etkilemektedir.

10. Kentin, özellikle kirletici yoğunluklarının da yüksek olduğu kış sezonunda en fazla yağışı alması, hava kirliliğini doğrudan ve en olumlu etkileyen iklimik faktördür. Bu dönemde, genel olarak kar şeklinde gerçekleşen yağışlar havayı kirleticilerden arındırmaktadır. Kütahya'da en yüksek PM yoğunluklarının tespit edildiği kasım ayında, diğer kış sezonu aylarına göre yağışın en düşük düzeyde olması, bu faktörün önemini vurgulamaktadır.

11. Kütahya'da yıl boyunca alçak basınç koşulları egemendir. Yerel basıncın en yüksek değerinde olduğu kasım, aralık ve ocak aylarında basınç faktörü hava kirliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu dönemde, havadaki emisyon miktarının da yüksek olması, alçalan hava hareketi nedeniyle kirli havaya maruziyeti artırmaktadır.

12. Kentteki hava kirliliğinin dağıtılmasında en önemli etken 2.hakim yön olan güney sektör rüzgarlarıdır. Etkili oldukları dönemlerde hızlarının da yüksek olması, şehir üzerinde yoğunlaşan kirli havanın uzaklaştırılmasını sağlar. Ancak bu rüzgarların esme sayıları ve frekanslarının düşük olması, sezon boyunca devam eden hava kirliliğinin etkilerinin azaltılmasında yetersiz kalmaktadır. Kütahya'da 1.hakim yön olan WNW rüzgarı ise orografik hatların bu yöne dik uzanması nedeniyle etkili olduğu dönemde kirleticilerin şehir üzerinde birikmesine ve hava kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Rüzgarların yöredeki hava

kirliliğini dağıtmada yetersiz kalmalarının bir nedeni de, emisyon yoğunluklarının yüksek olduğu aylarda kuvvetli rüzgarlı gün sayısının az olmasıdır.

13-Tüm bu sonuçlara bakılarak, Kütahya'nın topografik ve iklimatik özellikler açısından hava kirlenmesine elverişli ortam koşulları içerdiği anlaşılmaktadır. Yörede bu koşullara uygun olmayan kentsel ve endüstriyel yapılanma ise, hava kirliliğinin asıl nedenini oluşturmaktadır. Isınma döneminin 7 ay gibi uzun bir süreyi kapsamaması, konut ve işyerlerinin ısınma ihtiyacına bağlı olarak kentteki en önemli emisyon kaynağını oluşturmaktadır. Bu bakımdan, merkezi ısıtma sistemlerinin yaygınlaştırılması ve doğal gaz kullanımı, ivedilikle uygulanması gereken önlemlerdir. Kentte önceden beri var olan hava kirliliği sorunu, 1989'da başlayan hava kalitesi ölçüleriyle bilimsel ifadesini bulmuştur. Oysa, kentte önemli emisyon kaynaklarını oluşturan bazı endüstriyel kuruluşların 1996 yılında yaptıkları veya faaliyete geçtikleri bilinmektedir. Bu kuruluşların yerlerinin değiştirilmesi veya faaliyetlerinin durdurulması mümkün olmadığına göre, bunlardan kaynaklanan emisyonların ve zararlarının en aza indirilmesi için, meteorolojik koşullara uygun, kaynak kontrol teknolojilerinin uygulanması ve hava kirliliğinin çok yüksek olduğu dönemlerde ek önlemler alınması gerekmektedir. Bunların yanısıra Kütahya'da hava kirliliğinin etkilerini artıran diğer önemli bir faktör de şehir merkezinde 1970'den başlayarak günümüze kadar yapılan binaların genel olarak 7-10 katlı yapılar olmasıdır. Rüzgar sirkülasyonuna engel olan bu yüksek binalar, hakim rüzgar yönü de dikkate alınmadığından kirliliğin dağılmasında olumsuz etken durumundadırlar. Bu soruna ilişkin olarak ta giderek nüfusu artan kentte, bundan sonraki imar planlarında yörenin doğal koşullarının gözönüne alındığı yapılaşma yoluna gidilmesi gerekmektedir. Kent içi ve çevresinde yeşil alanlara daha fazla yer verilmesi de bu plan dahilindeki önceliklerden olmalıdır.

KAYNAKÇA

- ARDEL, A., KURTER, A., 1958-1959, "Kütahya ve Civarında Coğrafi Müşahedeler", Türk Coğr.Dergisi., Sayı: 18-19, İstanbul.
- ÇEVRE SAĞLIĞI ARŞT. MÜD., 2002, "Uzun ve Kısa Vadeli Hava Kalitesi Sınır Değerleri", "Hava Kalitesi İndeksi (HKİ)", www.rshm.saglik.gov.tr, T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi,Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü Web Sitesi.
- DARKOT, B., TUNCEL, M., 1995, "Ege Bölgesi Coğrafyası", İst. Üniv. Yay., No: 2365 (3.Baskı),İst.Üniv. Ed. Fak. Basımevi, İstanbul.
- DİE, 2002, "Çevre ve Enerji İstatistikleri (Hava Kirliliği)", "Nüfus ve Demografi İstatistikleri (2000 Genel Nüfus Sayımı Kesin Sonuçları) "Ulaştırma İstatistikleri (Motorlu Kara Taşıtları)", www.die.gov.tr , T.C. Başbakanlık DİE Web Sitesi.
- DMİ, 2002, "Kütahya Meteoroloji İstasyonu Rasat Kayıtları", T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- DÖNMEZ, Y., 1972, "Kütahya Ovası ve Çevresinin Fiziki Coğrafyası", İst. Üniv. Yay. No: 1759, İst. Üniv. Ed. Fak. Matbaası, İstanbul.
- ERİNÇ, S., 1996, "Klimatoloji ve Metodları", (Genişletilmiş 4.Baskı), Alfa Basım,Yay.,Dağıtım, İstanbul.
- EROL, O., 1999, "Genel Klimatoloji", (Genişletilmiş 5.Baskı), Çantay Kitabevi, İstanbul.
- GÜNEY, E., 2002, "Türkiye Çevre Sorunları, Doğal ve Kültürel Ortam Bozulması", (2.Baskı), Çantay Kitabevi, İstanbul.
- KARPUZCU, M., 1996, "Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü", (5.Baskı), Kubbealtı Neşriyatı,No:28, İstanbul.
- KÜTAHYA EMNİYET MÜD., 2003, "Motorlu Kara Taşıtları Aralık Ayı Envanteri", (Yayınlanmamış) Kütahya Emniyet Müdürlüğü Trafik Şubesi, Kütahya.
- KÜTAHYA VALİLİĞİ., 2002, "Kütahya'da Sanayi Kuruluşları",www.kutahya.gov.tr, T.C.Kütahya Valiliği Web Sitesi.
- MTA, 1989, "Kütahya – Çifteler – Bayat - İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi", MTA Genel Müdürlü-

- ğü Jeoloji Etütleri Dairesi Raporu (Yayınlanmamış), Ankara.
- SUNGUR, K., 1974-1977, "Klimatik Açısından Türkiye'de Hava Kirlenmesi Sorunu", İst. Üniv. Coğr. Enst. Dergisi, Sayı: 20-21, İstanbul.
- SUNGUR, K., 1980, "Türkiye'de İnsan Yaşamı Açısından Uygun Olan ve Olmayan Isı Değerlerinin Aylık Dağılışı İle İlgili Bir Deneme", İst. Üniv. Coğr. Enst. Dergisi, Sayı: 23, İstanbul.
- SUNGUR, K., 1980, "Isı Terselmesinin (İnversion) Hava Kirliliği Üzerindeki Rolü ve Negatif Etkisinin Azaltılabilmesi İçin Alınabilecek Önlemler", İst. Üniv. Coğr. Enst. Dergisi, Sayı: 23, İstanbul.
- ŞAHİN, C., 1989, "Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri", A.K.D. ve T.Y.K. Coğr. Bil. Ve Uy. Kolu, Coğr. Araşt. Dergisi, Ankara.
- ŞAHİN, C., SİPAHİOĞLU, S., 2002, "Doğal Afetler ve Türkiye", Gündüz Eğitim ve Yay., Ankara.